

珠江口及附近海域夏季氮的化学形式分布研究

王先伟 温伟英 刘翠梅

(中国科学院南海海洋研究所 广州 510301)

提要 根据1998年夏季对珠江河口及附近海域的水质调查,研究了氮的各种化学形式的空间分布特征、相关系数和环境条件的影响。结果表明:珠江河口,无机氮含量很高,占总氮的85%;而硝酸氮占无机氮的95%, NO_2^- -N和 NH_4^+ -N含量很低。在外海,则以有机氮为主,占总氮的80%。 NH_4^+ -N和 NO_2^- -N在伶仃洋河口中部出现最大值,在外海的值最小;其它形式的氮从伶仃洋内河口到外海,其浓度都逐渐降低。 NO_3^- -N是各种形式氮中的主要因素,它与各形式氮之间具有良好的相关性; NH_4^+ -N和 NO_2^- -N与其它形式氮之间的相关性都很差,而其余各种形式氮之间都有较好的相关性。涨潮时不利于污染物的扩散;与小潮相比,大潮时伶仃洋河口中部表层氮的浓度偏高。

关键词 珠江河口及附近海域, 氮, 化学形式, 相关性

中图分类号 P76 **文献标识码** A **文章编号** 1000-3096(2003)04-0049-05

氮是浮游生物的主要营养要素,在生物活动中起着重要作用;氮是水质监测中不可缺少的项目,氮的各种存在形式也是评价水质质量的重要指标之一。国内外学者对氮的来源、形式分布、迁移转化以及与环境 and 生物之间的关系作了较多的研究^[1-6]。在珠江河口,不同性质的水质调查也进行过多次,对氮的分析也常见报道,但都没有对氮在该水域中的各种化学形式的分布、转化和相互关系作过系统的研究。本文根据1998年夏季进行的水质调查,分析了伶仃洋及附近海区各种形式氮的分布特征和相互关系。

1 研究方法

1.1 研究水域和采样站位

研究区域为珠江口伶仃洋及附近海区。伶仃洋是华南最大的河口湾,北部有虎门、蕉门、洪奇门和横门四个珠江入海口,称为伶仃洋河口,接纳珠江总流量的61%;湾顶为虎门口,宽约4 km;向东南偏南方向延伸约63 km到达湾口,湾口东起香港,西至澳门,宽约60 km,面积达1 165 km²。在伶仃洋湾口的西南方有磨刀门、鸡啼门、虎跳门和崖门四个口门,称为珠江西部河口。近来环境监测结果表明,该海

区的海水水质和沉积物状况日益下降^[7]。

于1998年7月和8月进行大小潮各2个航次,采样用5 L GO-FLO采水器和5 L有机玻璃采水器。采样站位见图1,分表层(水下1 m, S),中层(水深的一半, M),底层(离底1 m, B)。1和5两站水深小于4 m,只取表、底二层。研究海区分为五部分:1号和2号站位于伶仃洋北端河流入海口即伶仃洋内河口;3、4、5号站位于伶仃洋中部即伶仃洋河口中部;6和7号站位于伶仃洋南部接近外海即河口外部;8和9号站属珠江口西部河口;10、11和12号站位于外海。

1.2 分析方法

NH_4^+ -N用靛酚蓝分光光度法,TKN用硫酸消化-靛酚蓝法(原水样), Org-N 用过硫酸钾氧化法(原水样), NO_3^- -N用铈-镉还原重氮-偶氮分光光度法, NO_2^- -N用重氮-偶氮分光光度法,所有分析方法都遵照GB 17138,海洋监测规范^[8];所用仪器为721B分光光度计,所有样品都在当天完成分析。

第一作者:王先伟,出生于1975年,硕士,研究方向:海洋环境科学。E-mail: wx-wei@yeah.net

收稿日期:2001-11-08;修回日期:2002-02-10

2 结果与分析

2.1 氮的空间分布特征

各种形式氮在伶仃洋河口和外海的分布特征见表1。表层: $\text{NO}_3^- - \text{N}$, Org-N 和总氮(TN)浓度,从伶仃洋内河口到外海逐渐降低,且伶仃洋内河口比外海的TN大一个数量级; $\text{NO}_2^- - \text{N}$ 浓度,河口中部 > 内河口 > 河口外部 > 外海; $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 浓度,内河口 > 河口中部 > 河口外部 > 外海。中层: $\text{NO}_3^- - \text{N}$, $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 和 TN 浓度,从伶仃洋内河口到外海逐渐降低; $\text{NO}_2^- - \text{N}$ 浓度,河口中部 > 河口外部 > 内河口 > 外海; Org-N 浓度,河口外部 > 河口中部 > 内河口 > 外海。底层: $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 和 TN 浓度,从伶仃洋内河口到外海逐渐降低; $\text{NO}_2^- - \text{N}$ 和 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 浓度,河口中部 > 河口外部 > 内河口 > 外海; Org-N 浓度,河口外部 > 河口中部 > 内河口 > 外海。

伶仃洋内河口与珠江口西部河口相比:见表1,在表、中、底三层,珠江口西部河口的 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 、 $\text{NH}_4^+ -$

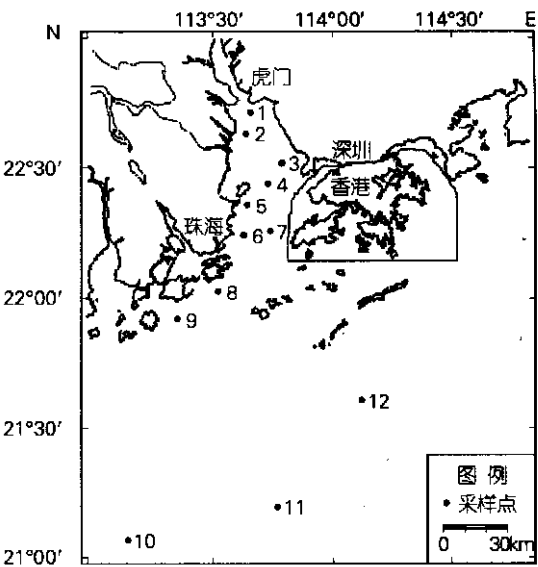


图1 采样站位

Fig.1 Locations of sampling sites

表1 珠江口各种形式氮的空间分布情况($\mu\text{g/L}$,平均值)

Tab.1 Space distributions of different species of N in the Pearl River estuary($\mu\text{g/L}$, mean)

海区	$\text{NO}_3^- - \text{N}$			$\text{NO}_2^- - \text{N}$			$\text{NH}_4^+ - \text{N}$			Org-N			TN		
	表	中	底	表	中	底	表	中	底	表	中	底	表	中	底
西部河口	750	422	198	20.0	21.4	29.5	11.7	18.0	16.2	177	130	76	960	592	317
伶仃洋河口	1 410	1 378	1 520	21.5	21.4	10.7	30.0	28.4	14.2	280	251	108	1 741	1 679	1 653
河口中部	1143	860	590	25.2	30.0	36.8	12.2	27.4	25	277	311	305	1 524	1 231	957
河口外部	678	241	214	8.4	14.2	14.5	9.2	12.5	15.8	270	313	324	966	581	568
外海	17	14	11	7.0	1.0	6.5	7.4	6.3	6.3	165	104	78	197	125	102

N、有机氮和总氮比伶仃洋内河口都要低。可能主要有两个原因:首先,珠江口西部河口与外海相邻,污染物容易稀释和扩散,而伶仃洋内河口处于伶仃洋海湾内,不利于污染物的稀释和扩散;其次,从伶仃洋内河口入海的河流接纳了广州市、番禺、东莞等城市的所有污染物(珠江流域最大的污染源),源强本底值高。

表、中、底三层相比:见表1, $\text{NO}_3^- - \text{N}$, $\text{NO}_2^- - \text{N}$ 和总氮,在伶仃洋内河口表层和中层之间的浓度变化很小,而其余水体的表层和中层浓度相差很大,这主要是因伶仃洋内河口水深较浅,受径流及航运影响大,水体充分混合,物质分布较均匀。 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 和总氮是表层 > 中层 > 底层;而 $\text{NO}_2^- - \text{N}$, $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 和 Org-N

N,则是中层值最大,这可能与浮游生物的活动有关。

2.2 无机氮的组成变化

见图2,在伶仃洋河口的表、中、底三层,无机氮中主要以 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 为主,占无机氮的95%左右, $\text{NO}_2^- - \text{N}$ 和 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 含量很低。在外海, $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 仅占无机氮的50%左右;同时, $\text{NO}_2^- - \text{N}$ 和 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 的比例升高,在表、底层各占无机氮的近25%;在中层 $\text{NO}_2^- - \text{N}$ 的含量仅占5%。伶仃洋河口无机氮的组成与其它河口,如汕头港湾、长江口^[1]等的无机氮的组成有很大差距;受河口和潮汐的影响,外海无机氮的组成也与南海中部水体无机氮的组成比例不同^[4]。

2.3 总氮的组成变化

见图3,珠江河口和外海有机氮和无机氮的百分

含量相比,在河口以无机氮为主:表层,无机氮占了总氮的 80 %以上;而底层有机氮的含量比表层高,在河口外部,有机氮的含量超过无机氮的含量。在外

海,则以有机氮为主,占了总氮的约 80 %,这与大亚湾水体有机氮和无机氮的组成比例相似^[3]。

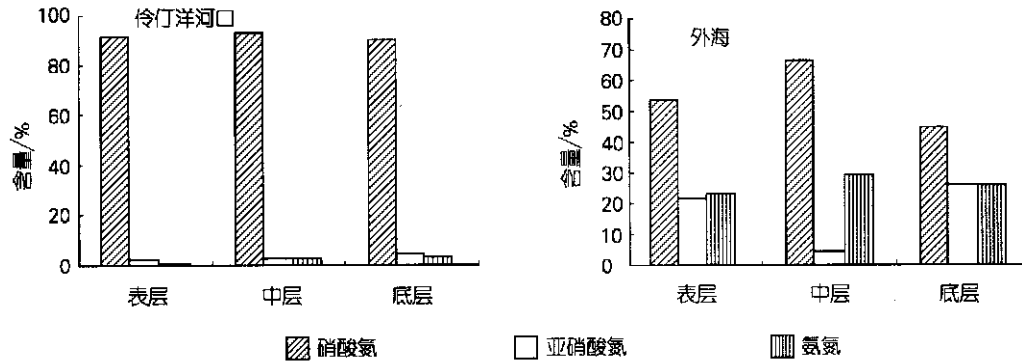


图 2 珠江口无机氮的含量百分比

Fig.2 Percentage of inorganic nitrogen content in the Pearl River estuary

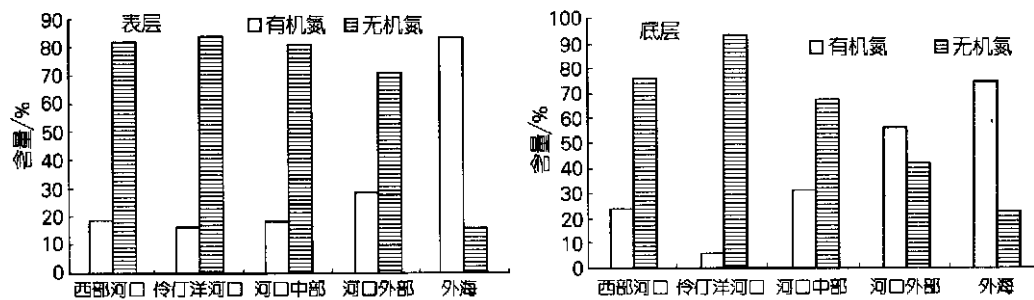


图 3 珠江口有机氮和无机氮的含量百分比变化

Fig.3 Changes of percentage of organic and inorganic nitrogen content in the Pearl River estuary

珠江河口无机氮和总氮的独特组成关系主要是因为珠江河口接纳了整个珠江三角洲的污染源,且远离污染源,人为排放的 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 已经被转化成 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 。从北到南, $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 含量逐渐降低,主要由于 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 被海水稀释和被浮游生物利用所致。到外海, $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 含量就降到很低,仅占无机氮的 50 %、总氮的 10 %左右,因为到外海后,人为污染源影响很小, $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 主要被浮游生物所吸收,水体中主要以有机氮形式存在,占了总氮的 80 %。

2.4 大、小潮的比较

见图 4,在表层,除了在河口外部大潮期 $\text{NO}_2^- - \text{N}$ 含量低于小潮期以外,大潮期 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 、 $\text{NO}_2^- - \text{N}$ 、Org

N 和 TKN 的浓度都比小潮期的浓度大,特别是 Org N 和 TKN,其差距就更大,且大潮时它们的值在伶仃洋河口中部最高。这可能是涨潮时,潮水的顶托,使污染物滞留在伶仃洋河口中部,扩散不出去,而大潮比小潮期的潮位高,这种效应就更大。

2.5 各种形式氮之间的相关性

为了估计不同形式氮之间的相互关系、变化趋势和影响因素,表 2 列出了不同形式氮浓度之间的相关系数。由相关系数的临界值表可知,当 $n = 12$, $f = 10$,置信度为 99 % 时, $r_{99\%, f=10} = 0.708$ 。 $\text{NO}_2^- - \text{N}$ 与 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 、 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 与 Org N、 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 与 TN 之间的 r 值都小于 0.708,它们之间不具有线性相关性;

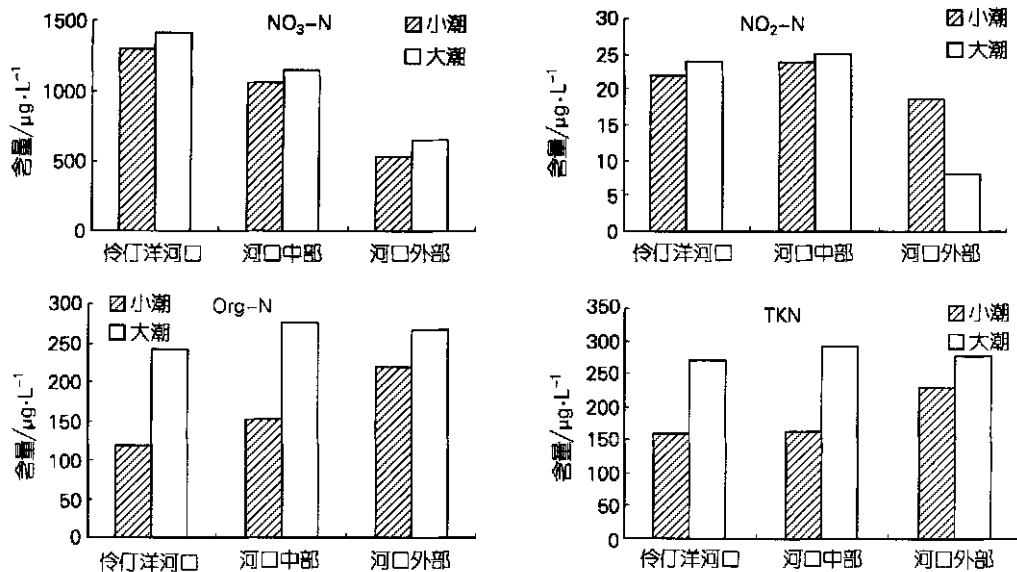


图4 大、小潮比较(大、小潮各站采样时潮时相同)

Fig. 4 Comparison between neap and spring tide (The tide time of sampling in each station is same)

表2 各种形式氮的浓度之间的相关性系数

Tab.2 Correlation coefficient between concentrations of the different species of N

	NO ₃ ⁻ -N	NO ₂ ⁻ -N	NH ₄ ⁺ -N	IN	Org-N	TKN
NO ₂ ⁻ -N	0.91					
NH ₄ ⁺ -N	0.78	0.45				
IN	0.99	0.76	0.76			
Org-N	0.89	0.92	0.69	0.90		
TKN	0.91	0.75	0.77	0.92	0.99	
TN	0.99	0.91	0.42	0.99	0.93	0.93

注: $n=12$, $f=10$, $r_{99\%,f=10}=0.708$

NO₂⁻-N与IN、NO₂⁻-N与TKN、TKN与NH₄⁺-N、NH₄⁺-N与NO₃⁻-N之间的 r 值在0.75~0.78之间,相关性较差。NO₃⁻-N、IN和TN之间的相关系数为0.99,这三者之间具有很好的线性关系,变化趋势相同;其它形式氮之间也有较好的相关性。有机氮除了与NH₄⁺-N之间的无线性相关外,与其它形式之间的相关性都较好。TKN除了与NH₄⁺-N和NO₂⁻-N之间的线性相关性较差外,与其它形式之间的相关性都较好。由上可知,NO₃⁻-N是各种形式氮中的主要因素,它与各形式氮之间具有良好的相关性。NH₄⁺-N与其它形式氮之间相关性很差,说明NH₄⁺-

N受到其它因素的影响,其变化趋势不同于其它形式的氮,其浓度在3号站也出现最高值,这可能与深圳蛇口在妈湾的市政排污口有关。

3 结论

(1) 在珠江河口中以NO₃⁻-N为主,占无机氮的近95%和总氮的80%,NO₂⁻-N和NH₄⁺-N含量却很小;在外海,则以Org-N为主,占总氮的80%,同时NO₃⁻-N在无机氮中的比例降低,仅占无机氮的近50%。

(2) NH₄⁺-N和NO₂⁻-N在伶仃洋河口中部出现最大值,在外海的值最小;其它形态的氮如NO₃⁻-N、Org-N、TKN和TN,从伶仃洋内河口到外海其浓度都逐渐降低。

(3) 在珠江河口,NO₃⁻-N是各种形态氮中的主要因素,它与各形态氮之间具有良好的相关性,NH₄⁺-N和NO₂⁻-N与所有形态之间的相关性都很差,其余各种形态氮之间都有较好的相关性。

(4) 涨潮时不利于污染物的扩散;与小潮相比,大潮时伶仃洋河口中部表层氮的浓度偏高。

参考文献

- 1 温伟英. 华南地区亚热带水体无机氮组合差异研究. 热带海洋, 1991, 10(4): 44-48
- 2 林植青. 珠江广州至虎门段水体中营养盐. 热带海洋, 1985, 5(2): 52-59
- 3 何清溪. 大亚湾沉积物中氮和磷的地球化学分配特征. 热带海洋, 1992, 5(2): 39-45
- 4 陈劲毅. 南海中部水体中三种无机氮的分布特征. 热带海洋, 1988, 5(2): 52-59
- 5 Sholkovita E R. Flocculation of dissolved organic and inorganic matter during the mixing of river water and seawater. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 1976, 40: 821-854
- 6 Sieburth T McN, Willis P J. Dissolved organic matter and heterotrophic microneuston in the surface microlayer of North Atlantic. *Science*, 1976, 194: 1415-1418
- 7 林洪瑛. 珠江口伶仃洋枯水期时年前后的水质状况与评价. 海洋环境科学, 2001, 5(2): 28-31
- 8 陈国珍. 海洋监测规范. 北京: 海洋出版社, 1991. 262-279

STUDY ON DISTRIBUTIONS OF CHEMICAL SPECIES OF NITROGEN IN SUMMER IN THE PEARL RIVER ESTUARY AND ITS ADJACENT SEA AREAS

WANG Xian-Wei WEN Wei-Ying LIU Cui-Mei

(South China Sea Institute of Oceanology, the Chinese Academy of Sciences, Guangzhou, 510301)

Received: Nov. 8, 2001

Key Words: Pearl river estuary and its adjacent sea areas, Nitrogen, Chemical species, Correlation

Abstract

Based on the investigation of water quality in the Pearl River estuary and its adjacent sea areas in the summer of 1998, this paper studies the space distribution characteristics, correlation between chemical species of nitrogen and the impact of environmental condition. The result shows: in the Pearl River estuary, the content of IN is high and takes up the 85 % of TN; while NO_3^- -N takes up the 95 % of IN and the content of NO_2^- -N and NH_4^+ -N is little. In its adjacent sea areas, TN is mainly composed of Org-N. The maximum of the NO_2^- -N and NH_4^+ -N appears in the middle of the estuary and the minimum in its adjacent sea areas; and concentrations of other species of N decrease greatly from the north to the south. NO_3^- -N is the principal factor among all sorts of species of N and has good correlation between them. NO_2^- -N and NH_4^+ -N have low correlations between other species of N, which have a good correlation between themselves. The flux is against the diffusion of pollution. The concentration of N in the surface during the spring tide is greater than that during the neap tide.

(本文编辑:张培新)